

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 *Lean Manufacturing*

##### 2.1.1 Definisi *Lean Manufacturing*

Menurut Meyers & Stewart (2002) Lean Manufacture merupakan salah satu konsep bagi para pekerja dengan tujuan mengeliminasi adanya pemborosan dalam perusahaan untuk mendapatkan suatu keuntungan dan menambah output produksi dengan biaya input yang lebih sedikit dari sebelumnya (Lily and Hawien, 2008). Pertama kali konsep *lean manufacturing* diperkenalkan oleh Ohno (1988) dari *Toyota Production System* mengenai perbaikan secara terus-menerus dengan tujuan mengeliminasi aktivitas pekerjaan yang dapat menurunkan tingkat produktivitas di perusahaan.

Menurut Gaspersz (2007) *lean manufacturing* adalah pendekatan yang dilakukan untuk dapat mengidentifikasi *waste* serta mengurangi *waste* atau aktivitas yang termasuk dalam *non value adding, necessary but non value adding* dan *value adding*. Menurut Shigeo Shingo kegiatan *non value adding* merupakan kegiatan yang perlu dihilangkan karena tidak diperlukan di perusahaan seperti adanya waktu tunggu, terjadinya *rework* (Hines & Rich, 1997). Selanjutnya untuk NNVA adalah salah satu operasi dengan tidak memiliki nilai lebih namun masih diperlukan contohnya seperti pengambilan barang atau material dengan adanya jarak, membongkar pengiriman, memindahkan peralatan. Dalam kegiatan ini, perlu melakukan perubahan besar seperti membuat tata letak baru. Namun, perubahan semacam itu mungkin tidak bisa dilakukan segera. Sedangkan untuk kegiatan *value adding* merupakan kegiatan yang memiliki nilai tambah meliputi pemrosesan bahan mentah.

### 2.1.2 Konsep *Lean Manufacturing*

Dalam *lean* ada 5 prinsip untuk mengeliminasi *waste* (Hines & Taylor, 2000):

1. *Specify value*

Memilih apa saja yang akan memberikan maupun tidak menambah nilai dari perspektif *customer*.

2. *Identify*

Mengetahui tahap-tahap yang dibutuhkan untuk *design*, pemesanan serta produksi melalui *value stream* untuk menemukan kegiatan yang *non-value adding*

3. *Flow*

Membuat aliran yang memiliki nilai tambah tanpa adanya cacat, waktu menunggu yang menyebabkan aliran terputus.

4. *Pulled*

Mengetahui keinginan *customer*.

5. *Perfection*

Melakukan perbaikan ataupun pengurangan berkelanjutan agar dapat menghilangkan *waste* secara keseluruhan.

Pada Toyota Production System (TPS) terdapat 7 *waste* yang dapat diterima secara umum, yaitu :

1. *Overproduction*

Overproduksi yaitu produksi yang berlebih merupakan salah satu pemborosan yang dapat menutup aliran barang maupun jasa yang dapat menghambat kualitas serta produksi. Produksi berlebih juga dapat mengarah pada waktu penyimpanan yang berlebih. Hal ini dapat mengakibatkan kecacatan pada produk. Contohnya seperti ketika memproduksi terlalu banyak dalam satu waktu, sehingga produk yang dibuat akan semakin besar presentase kecacatannya.

## 2. *Transport*

*Transport* yaitu *waste* pada transportasi pada barang yang dipindahkan dapat menyebabkan kerusakan karena jarak dengan proses tidak sebanding dengan waktu yang dibutuhkan. Contohnya karena terlalu banyak barang maka proses pemindahannya juga akan semakin lama.

## 3. *Waiting*

*Waiting* yaitu adanya waktu menunggu, ketika waktu tidak digunakan secara efektif pada saat produk sedang dikerjakan atau barang yang dibiarkan menganggur selama proses produksi. Seperti ketidakaktifan pekerja karena terlalu banyak menunggu material yang mengalami keterlambatan.

## 4. *Unnecessary inventory*

*Unnecessary Inventory* yaitu penyimpanan persediaan yang berlebih. Contohnya seperti menyimpan bahan baku yang melebihi dari kebutuhan produksi akan menyebabkan masa dari bahan baku tersebut akan habis.

## 5. *Inappropriate processing*

*Inappropriate Processing* yaitu adanya kesalahan pada saat proses produksi karena kesalahan memakai peralatan pada saat proses produksi.

## 6. *Defects*

*Defects* yaitu adanya produk cacat yang disebabkan oleh kesalahan dari pekerja.

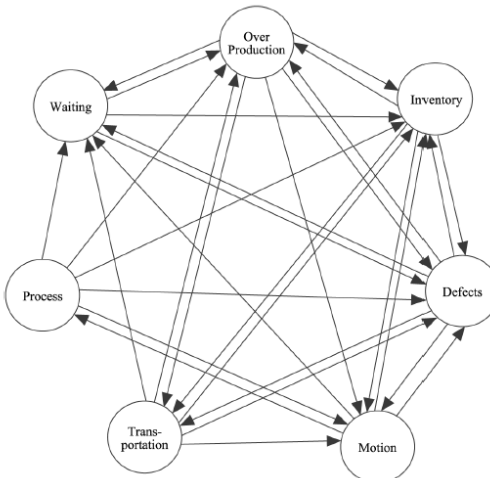
## 7. *Unnecessary motion*

*Unnecessary Motion* yaitu kegiatan dari gerakan manusia yang tidak memberikan nilai terhadap produk tetapi waktu yang diperoleh lebih banyak. Salah satu penyebabnya yaitu tata letak yang tidak baik sehingga adanya gerakan yang tidak menambah nilai produk itu. Contohnya seperti operator yang sibuk mencari alat-alat yang tidak berada sesuai tempatnya akan memakan waktu lebih lama.

## 2.2 Waste Assesment Model

*Waste Assesment Model* adalah tools yang dipakai agar dapat memberikan kemudahan dalam mencari permasalahan dari pemborosan (Rawabdeh, 2005). WAM ini bertujuan untuk menjelaskan definisi dari 7 waste yang ada seperti *overproduction*, *waiting*, *transportation*, *unnecessary inventory*, *inappropriate processing*, *defects* dan *unnecessary motion*. Suatu kriteria dibuat untuk menentukan hubungan antara tiap waste, kemudian ada juga pembuatan matrix untuk waste yang mengelompokkan berdasarkan kekuatan setiap hubungan waste yang ada dengan menggunakan skala dari yang paling lemah sampai yang paling tinggi hubungan antar waste. Setelah itu dikenalkan dengan *waste assessment questionnaire*. Dalam ruang lingkup perusahaan *jobshop*, hal ini memungkinkan untuk mendapatkan waste tertinggi dari penggabungan antara *relationship matrix* dengan *assessment questionnaire* (Rawabdeh, 2005). *Waste Assesment Model* ini memiliki *Seven Waste Relationship* (SWR), *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ).

### 2.2.1 Seven Waste Relationship



**Gambar 2.1 Waste Relation**

Sumber : Rawabdeh (2005)

*Seven Waste Relationship* merupakan hubungan antara tiap *waste* yang teridentifikasi langsung atau tidak langsung. Contohnya, O\_I yaitu dimana adanya hubungan antara *waste overproduction* dengan *unnecessary inventory* (Rawabdeh,2005).

**Tabel 2.1 Hubungan *waste overproduction***

<i>Overproduction</i>	
O_I	Produksi berlebih dan membutuhkan jumlah material sangat banyak dikarenakan adanya persediaan material yang terlalu memakan banyak rantai produksi dimana jangka waktu antara pemesanan pelanggan dan produk yang disimpan jaraknya sangat lama.
O_D	Ketika pekerja memproduksi berlebih, resiko terhadap hasil dengan kualitas yang rendah juga sangat tinggi.
O_M	Produksi berlebih ini memicu pada kegiatan pekerja atau gerakan pekerja yang tidak ergonomi.
O_T	Produksi berlebih akan memicu banyaknya aliran transportasi yang harus dilakukan terhadap bahan baku.
O_W	Ketika produksi berlebih, bahan baku akan disediakan lebih lama dan dibiarkan menganggur.

Sumber: Rawabdeh (2005)

**Tabel 2.2 Hubungan *waste inventory***

<i>Inventory</i>	
I_O	Semakin besar jumlah kain maka akan semakin bertambah output yang diberikan oleh perusahaan yang akan menyebabkan produksi berlebih.
I_D	Peningkatan persediaan akan meningkatkan peluang produk menjadi cacat dikarenakan keadaan <i>storage</i> yang kurang sesuai.
I_M	Semakin meningkat persediaan maka akan menambah waktu dalam kegiatan seperti mencari, memilih, mengambil, memindahkan dan membawa.
I_T	Persediaan berlebih juga terkadang menutupi rantai produksi sehingga transportasi yang melewati rantai tersebut bisa memakan waktu yang lebih lama.

**Tabel 2.3 Hubungan waste defects**

<i>Defects</i>	
D_O	Kegiatan produksi berlebih dapat muncul untuk menutupi produk yang <i>defect</i> .
D_I	Mengerjakan ulang pada bagian yang cacat ( <i>rework</i> ) artinya meningkatkan WIP.
D_M	Produksi produk yang cacat dapat meningkatkan waktu pencarian, memilih dan inspeksi dari beberapa bagian dan tidak menyebutkan jika adanya <i>rework</i> adalah dari keterampilan pekerja yang telah terlatih.
D_T	Memindahkan produk cacat ke bagian pekerjaan yang melakukan <i>rework</i> akan meningkatkan kegiatan perpindahan yang lebih banyak dan hal ini termasuk dalam kegiatan yang termasuk pemborosan.
D_W	Ketika ada bagian yang ingin diproses, maka produk yang masuk <i>rework</i> akan diselesaikan terlebih dahulu sehingga bagian yang baru akan menunggu produk itu selesai diproduksi.

Sumber: Rawabdeh (2005)

**Tabel 2.4 Hubungan waste motion**

<i>Motion</i>	
M_I	Pekerjaan yang tidak di standardisasi akan membuat WIP semakin tinggi.
M_D	Kurangnya standardisasi dan pelatihan akan membuat presentase produk cacat meningkat.
M_P	Ketika pekerjaan tidak sesuai, maka proses yang dilakukan akan menimbulkan <i>waste</i> .
M_W	Ketika tidak ditetapkan standard maka waktu yang digunakan untuk mencari, memilih, memindahkan akan meningkat.

Sumber: Rawabdeh (2005)

**Tabel 2.5 Hubungan antar waste transport**

<i>Transportation</i>	
T_O	Produksi berlebih dari kebutuhan yang seharusnya akan menyebabkan kenaikan biaya pada transportasi.
T_I	Kapasitas yang terbatas dari <i>material handling equipment</i> pada persediaan yang berlebih.
T_D	Transportasi pada saat melakukan MHE akan menyebabkan kecacatan terhadap produk.
T_M	Ketika produk dipindahkan, tingkat peluang adanya gerakan yang tidak perlu semakin meningkat seperti ketika pengangkutan.

T_W	Jika MHE sudah mencapai batas maksimum, maka produk lainnya yang belum dapat diangkut akan menunggu untuk di angkut oleh MHE.
-----	---

Sumber: Rawabdeh (2005)

**Tabel 2.6 Hubungan *waste process***

<i>Process</i>	
P_O	Untuk mengurangi biaya dari proses produksi akan menuntut pekerja untuk melakukan tambahan jam kerja dimana akan menghasilkan produksi berlebih.
P_I	Mengurangi WIP dengan <i>combine</i> beberapa proses pada satu aliran.
P_D	Apabila mesin tidak rutin dalam dilakukan perawatan dan perbaikan maka dapat menyebabkan produk cacat.
P_M	Kurangnya kemampuan dalam mengelola mesin akan menyebabkan kesalahan pada saat proses produksi.
P_W	Ketika ada mesin yang kurang baik maka akan menimbulkan waktu menunggu.

Sumber : Rawabdeh (2005)

**Tabel 2.7 Hubungan *waste waiting***

<i>Waiting</i>	
W_O	Ketika ada mesin yang menunggu disebabkan karena <i>supplier</i> yang lebih melayani perusahaan lain , akan memaksa untuk memproduksi dalam jumlah yang lebih hanya karena membuatnya untuk tetap bekerja.
W_I	Menunggu artinya adanya produk yang lebih pada persediaan yang menyebabkan produk itu menunggu.
W_D	Adanya waktu menunggu dapat menyebabkan cacat produk karena adanya kondisi yang tidak stabil.

Sumber: Rawabdeh (2005)

Dari 7 *waste* tersebut dibagi menjadi 3 bagian yaitu : *man* , mesin dan material. Untuk kelompok *man* terdiri dari *waste motion* , *waiting*, dan *overproduction*. Pada grup *machine* terdiri dari *waste inappropriate processing*. Pada grup *material* terdiri dari *waste transportation* , *inventory* dan *defect*. Hubungan dari setiap satu *waste* dengan *waste* lainnya memiliki bobot nilai yang berbeda. Untuk mengetahui bobot nilai dari *seven waste relationship* melalui kuisioner.

Output dari kuisioner tersebut berupa nilai sesuai kategori pilihan jawaban dimana memiliki bobot nilai yang berbeda. Untuk setiap pertanyaan diberikan huruf yang pertama dari setiap *waste*. (Rawabdeh, 2005).

**Tabel 2.8 Pembobotan dari *Seven Waste Relationship***

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah <i>i</i> mengakibatkan atau menghasilkan <i>j</i>	a. Selalu b. Kadang-kadang c. Jarang	=4 =2 =0
2	Bagaimanakah jenis hubungan antara <i>i</i> dan <i>j</i>	a. Jika <i>i</i> naik, maka <i>j</i> naik b. Jika <i>i</i> naik, maka <i>j</i> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan	=2 =1 =0
3	Dampak <i>j</i> dikarenakan <i>i</i>	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat	=4 =2 =0
4	Menghilangkan akibat <i>i</i> terhadap <i>j</i> dapat dicapai dengan cara	a. Metode <i>engineering</i> b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional	=2 =1 =0
5	Dampak <i>j</i> dikarenakan oleh <i>i</i> berpengaruh kepada	a. Kualitas produk b. Produktivitas sumber daya c. Lead time d. Kualitas dan produktivitas e. Kualitas dan <i>lead time</i> f. Produktivitas dan <i>lead time</i> g. Kualitas, produktivitas, dan <i>lead time</i>	=1 =1 =1 =2 =2 =2 =4
6	Sebesar apa dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah	=4 =2 =0



### 2.2.2 Waste Relationship Matrix (WRM)

Pengukuran dengan menggunakan matriks menggunakan *Waste Relationship Matrix*. Setiap baris diidentifikasi sebagai pengaruh antara satu *waste* dengan *waste* yang lain. Sebaliknya, pada kolom diidentifikasi sebagai *waste* yang dipengaruhi dari *waste* yang lain. Sedangkan untuk bagian yang diagonal menunjukkan nilai tertinggi dari hubungan tiap *waste*.

**Tabel 2.9 Waste Relationship Matrix**

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	O	O	O	I	X	E
I	I	A	U	O	I	X	X
D	I	I	A	U	E	X	I
M	X	O	O	A	X	I	A
T	U	O	I	U	A	X	I
P	I	U	I	I	X	A	I
W	O	A	O	X	X	X	A

Sumber: Rawabdeh (2005)

Dengan nilai :

$$A = 10$$

$$I = 6$$

$$U = 2$$

$$E = 8$$

$$O = 4$$

$$X = 0$$

Sumber : (Utama, Dewi, & Mawarti, 2016)

**Tabel 2.10 Konversi Range dari Matriks Hubungan Antar Waste**

Range	Jenis Hubungan	Simbol
17-20	Sangat-sangat perlu	A
13-16	Sangat penting	E
9-12	Penting	I
5-8	Biasa saja	O
1-4	Tidak penting	U

Sumber : Rawabdeh (2005)

### 2.2.3 *Waste Assesment Questionnaire (WAQ)*

*Waste Assesment Questionnaire* ditujukan untuk pemborosan yang terjadi pada *jobshop* dimana perusahaan *jobshop* ini memiliki banyak produk varian dan tidak membuat produk yang sama pada tiap hari. Biasanya *jobshop* menggunakan sistem *make-to-order* dimana mereka tidak dapat memprediksi mana bagian yang akan digunakan. *Waste Assesment Questionnaire* memiliki 68 jenis pertanyaan, pada setiap pertanyaan mewakili kegiatan dan kondisi yang dapat mengidentifikasi adanya *waste*. Beberapa pertanyaan ditandai dari kata “*From*”, dengan catatan pertanyaan tersebut menjelaskan bahwa *waste* satu mempengaruhi *waste* yang lain. Sedangkan untuk pertanyaan yang ditandai dengan “*To*” memiliki arti bahwa satu *waste* saat ini dipengaruhi oleh *waste* lainnya. (Kurniawan, 2012). Untuk bobot nilai memiliki 2 kategori jenis jawaban dari kuisioner, antara lain:

- a. Untuk kategori A adalah untuk jawaban “YA” yang artinya terdapat *waste*. Nilai untuk kategori A ini yaitu 1 untuk jawaban “YA”, 0,5 untuk jawaban “SEDANG” serta jawaban 0 untuk “TIDAK”.
- b. Untuk kategori B adalah untuk jawaban “YA” yang artinya tidak terdapat *waste*. Nilai untuk kategori B ini yaitu 0 untuk jawaban “YA”, 0,5 untuk jawaban “SEDANG” serta jawaban 1 untuk “TIDAK”.

Sehingga ada 14 *step* untuk mengerjakan metode *Waste Assesement Model* untuk dapat mengidentifikasi *waste* apa yang memiliki bobot paling besar:

1. Konversikan setiap jawaban dari *Seven Waste Relationship* dengan pertanyaan dari *Waste Relationship Matrix*.
2. Jumlahkan skor dari setiap jawaban pertanyaan.
3. Ubah total skor yang telah dihitung untuk dikonversi menjadi huruf seperti pada Tabel 2.3

4. Buatlah Tabel rekapitulasi yang terdiri dari tipe pertanyaan, jawaban, skor, total skor dan tingkat keterkaitan yang ditandai dengan huruf.
5. Masukkan notasi huruf tadi kedalam Matrix yang ada di WRM (*Waste Relationship Matrix*) seperti pada Tabel 2.2
6. Konversikan huruf tadi menjadi notasi angka dan memiliki total skors.
7. Hitung presentase dari *Waste Matrix*.
8. Mengumpulkan jawaban WAQ
9. Menghitung jumlah jenis pertanyaan kuisioner WAQ di rekap kedalam satu tabel yang berisi jenis pertanyaan, dan total jenis pertanyaan tiap *waste*.
10. Menentukan bobot nilai pada tiap *waste* yang ada pada kuisioner berdasarkan bobot nilai WRM.
11. Melakukan pembagia bobot disetiap baris berdasarkan jumlah pertanyaan yang telah diklasifikasikan ( $N_i$ ) menggunakan persamaan ini pada pertanyaan-pertanyaan yang ada (Rawabdeh, 2005):

$$S_j = \sum_{K=1}^K \frac{W_{j,K}}{N_i} \quad (1)$$

dimana:

$S_j$  = score *Waste*

$W_j$  = bobot hubungan dari tiap *Waste*

$K$  = nomor pertanyaan (dari pertanyaan 1 sampai 68)

$N_i$  = jumlah pertanyaan yang sudah diklasifikasikan

12. Menghitung jumlah skor ( $S_j$ ) berdasarkan persamaan 3 dan frekuensi ( $F_j$ ) dimulai dari adanya nilai yang terdapat pada tiap *waste* dengan melewati nilai 0(nol).

$$F_j = N - F_0 \quad (2)$$

keterangan:

$F_j$  = Frekuensi *waste* yang tidak bernilai 0 (frekuensi untuk  $S_j$ )

$N$  = Banyaknya pertanyaan (68)

$F_0$  = Frekuensi yang bernilai 0

13. *Input* data rata-rata dari jawaban kuisioner ke dalam tiap bobot nilai di tabel melalui persamaan:

$$s_j = \sum_{K=1}^K X_K \frac{W_{j.K}}{N_i} \quad (3)$$

keterangan:

$s_j$  = total skor *waste*

$X_K$  = nilai pertanyaan sesuai bobot (1, 0.5, atau 0)

14. Menghitung total skor ( $s_j$ ) dari persamaan 5 serta frekuensi ( $f_j$ ) terhadap nilai tiap *waste*.

$$f_j = N - f_0 \quad (4)$$

keterangan:

$f_j$  = Frekuensi *waste* yang tidak bernilai 0 ( $f$  untuk  $s_j$ )

$N$  = banyak pertanyaan (68)

$f_0$  = Frekuensi yang bernilai 0

### 2.3 Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

*Value Stream Analysis Tools (VALSAT)* ditujukan untuk proses aktivitas yang menambah nilai suatu produk (*value adding*). Dari *waste* yang telah dihitung pada perhitungan sebelumnya dilanjutkan dengan menggunakan *detailed mapping*. *Detailed mapping* dipakai untuk menganalisa pemborosan yang ada agar dapat dieliminasi dan adanya usulan perbaikan terhadap pemborosan yang terjadi (Misbah, Pratikto, & Widhiyanuriyawan, 2015). Penentuan VALSAT dilakukan dengan cara mengalikan skor dari rata-rata disetiap *waste* dengan

*value stream mapping*. *Detailed mapping tools* terdiri dari 7 macam untuk mengidentifikasi *waste* (Hines & Rich, 1997):

1. *Process Activity Mapping* (PAM)

Mengetahui kegiatan apa saja yang terjadi di rantai produksi menggunakan bantuan tools *Process Activity Mapping* (PAM). Seperti menganalisis *lead time* serta untuk mengidentifikasi proses yang bisa dibuat menjadi efisien, serta melakukan perbaikan pada *waste*. Konsep PAM ini dengan melakukan penempatan setiap aktivitas dimulai dengan operasi, inspeksi, *transportation*, *delay*, dan penyimpanan. Selanjutnya dikelompokkan kedalam 3 tipe kegiatan yaitu kegiatan *Value adding* (VA), *Necessary but Non Value Adding* (NNVA) serta *Non Value Adding* (NVA).

2. *Supply Chain Response Matrix* (SCRM)

Fungsi adanya bantuan tools SCRM adalah mengidentifikasi kegiatan menunggu serta adanya persediaan yang seharusnya tidak ada seperti bahan baku dipesan dari *supplier*, perubahan bahan baku awal sampai produk jadi, dan saat produk dapat sampai ke tangan pelanggan. SCRM ditampilkan melalui grafik atau diagram. Pada grafik, untuk sumbu “y” merupakan lama waktu dari material yang disimpan, dan sumbu “x” merupakan kumulatif dari *lead time*.

3. *Production Variety Funnel* (PVF)

Dengan bantuan tool PVF diharapkan dapat mengidentifikasi area mana saja yang mengalami penumpukan pada material, proses produksi hingga pengantaran produk kepada pelanggan.

4. *Quality Filter Mapping* (QFM)

Tool QFM dipakai sebagai tool untuk menganalisis *waste defect* yang terbagi menjadi 3 tipe *defect*, antara lain : *product defect* yaitu produk cacat yang lolos inspeksi sehingga produk sampai ditangan pelanggan dalam keadaan cacat fisik. Hal ini disebabkan karena produk tersebut lolos dari proses seleksi inspeksi. Kedua, *scrap defect* yaitu produk cacat yang masih

berada didalam perusahaan, hal ini terjadi karena produk tersebut teridentifikasi pada saat melakukan inspeksi. Ketiga adalah *service defect* yaitu kualitas pelayanan yang diberikan kepada pelanggan memiliki permasalahan.

5. *Demand Amplification Mapping (DAM)*

Tools DAM ditujukan agar dapat mengetahui apakah ada perubahan *demand* pada *supply chain*.

6. *Decision Point Analysis (DPA)*

DPA digunakan sebagai tools untuk meng-cover proses *lead time* dengan melakukan *trade off* antara *lead time* dengan tingkat *inventory*.

7. *Physical Structure (PS)*

PS ditujukan agar dapat mengetahui keadaan *supply chain*, bagaimana operasi dari proses produksi, dan memfokuskan untuk mengembangkan area tertentu yang tidak terlalu mendapat perhatian.

**Tabel 2.11 Matriks 7 VALSAT**

Waste/ structures	Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure (a) volume (b) value
Overproduction	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	L		M	M	
Transport	H						L
Inappropriate Processing	H		M	L		L	
Unnecessary Motion	M	H	M		H	M	L
Defects	L			H			
Overall Structure	L	L	M	L	H	M	H

H = tingkat korelasi dan kegunaan tinggi (*high*)

Catatan : M = tingkat korelasi dan kegunaan sedang (*medium*)

L = tingkat korelasi dan kegunaan rendah (*low*)

Sumber: Hines, Jones, & Rich (2008)

## 2.4 Value Stream Mapping (VSM)

Suatu metode untuk mengetahui kegiatan dan alur proses secara visual dalam memproduksi produk (Li, Walton, & Apel, 2007). VSM juga digunakan untuk mengetahui pemborosan apa yang dapat menambah nilai suatu produk (*value adding*) dan yang tidak dapat menambah nilai suatu produk (*non value adding*) (Hines & Taylor, 2000). Selain itu, bisa juga untuk meningkatkan *cycle time* yang menampilkan proses produksi pada setiap waktu secara rinci serta dapat mengurangi waktu untuk kegiatan *non value-adding* (Capital, 2004). Menurut (Tilak, Van Aken, McDonald, & Ravi, 2002) *Value Stream Mapping* dibagi menjadi 2 yang didalamnya terdapat nilai *cycle time*, alur produksi, *level inventory*, jumlah *man power*, dan sebagainya, yaitu (Tilak et al., 2002):

1. *Current State Map*

Menggambarkan keadaan proses atau aliran produksi pada saat ini.

2. *Future State Map*

Menggambarkan perubahan yang diharapkan pada masa depan.

Target penting dalam *Value Stream Mapping* adalah indikator kinerja yang meliputi kualitas, harga dan *lead time*. Berikut adalah definisi dan notasi pada VSM (Wee & Wu, 2009):

1. *First Time Through (FTT)* : presentase dari produk yang telah sesuai dengan standard kualitas pada proses pertama atau dapat dikatakan telah melalui proses yang sempurna tidak memiliki *scrap, returned, rerun, ataupun repair*.
2. *Build to Schedule (BTS)* : untuk mengetahui seberapa baik instalasi perencanaan untuk membuat produk yang sesuai dengan target yang telah dijadwalkan.
3. *Dock to Dock Time (DTD)* : waktu antara *unloading* bahan baku serta melepaskan output produksi pada proses pengiriman.

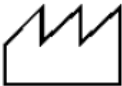
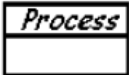
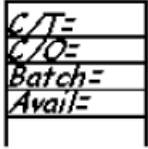

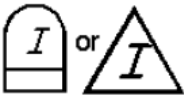
Ada beberapa tahap untuk menyelesaikan *value stream mapping*, yaitu :

1. Mengetahui semua alur produksi








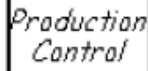
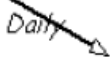
2. Informasi aliran produksi tersebut disatukan dalam gambar VSM
3. Menuliskan banyaknya operator di setiap stasiun kerja.
4. Membuat tabel waktu yang terdiri dari *Cycle Time*, *Available Time*.



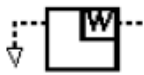






Berikut adalah bagian yang ada pada VSM:




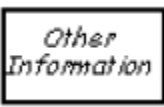
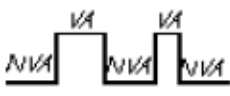
**Tabel 2. 12 Lambang VSM**

 <i>Customer / Supplier</i>	<p><i>Icon</i> disamping dapat menjadi <i>icon</i> pemasok jika berada disebelah kiri atas sebagai <i>point</i> awal dari aliran bahan baku dan <i>icon</i> customer jika berada disebelah kanan atas yang biasanya sebagai <i>point</i> terakhir dari bahan baku.</p>
 <i>Dedicated Process Flow</i>	<p>Sebuah proses yang terjadi dimana aliran material tersebut berlangsung.</p>
 <i>Data Box</i>	<p>Ini terletak dibawah icon diatas yang memberikan data yang dibutuhkan untuk dianalisis melalui pengamatan.  <i>C/T</i> = <i>Cycle Time</i> = waktu yang dibutuhkan dari setiap part/stasiun kerja untuk menyelesaikan 1 part itu.  <i>C/O</i> = <i>Changeover Time</i> = waktu untuk mengganti produk selesai di proses.  <i>Batch</i> = Ukuran batch serta kecepatan transfer material  <i>Avail</i> = Waktu tersedia</p>
 <i>Workcell</i>	<p>Membuat beberapa proses yang terintegrasi pada <i>workcell</i> manufaktur.</p>
 <i>Inventory</i>	<p>Menunjukkan persediaan yang ada diantara dua proses.</p>



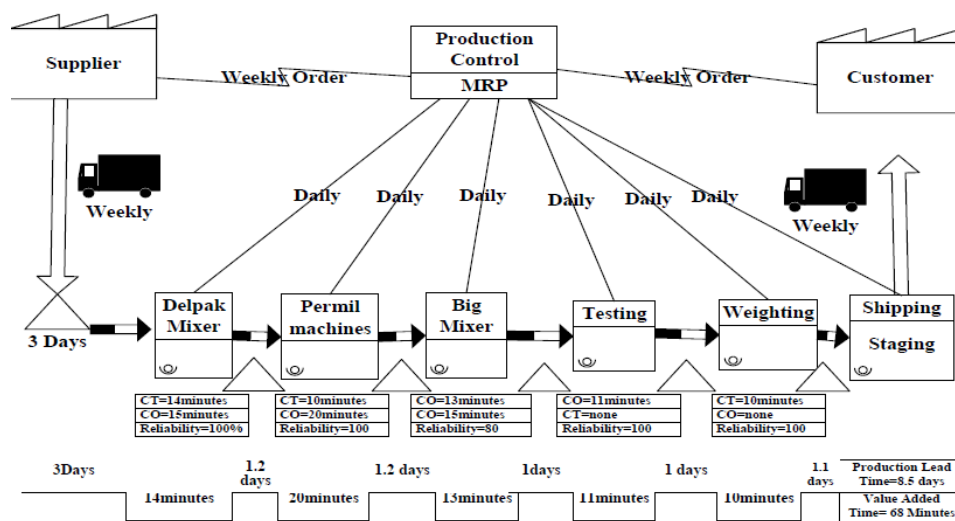
 <i>Shipments</i>	<p>Menggambarkan perpindahan bahan baku dari <i>supplier</i> sampai ke gudang penerimaan atau perpindahan yang terjadi pada produk jadi dari pabrik ke pelanggan.</p>
 <i>Push Arrow</i>	<p>Menggambarkan arah pada bahan baku dari satu proses untuk menuju ke proses selanjutnya.</p>
 <i>Supermarket</i>	<p>Suatu persediaan “supermarket” (<i>Kanban stockpoint</i>) yaitu adanya persediaan yang sedikit dan lebih dari satu <i>customer</i> datang ke <i>supermarket</i> untuk mencari kebutuhan mereka.</p>
 <i>Material Pull</i>	<p><i>Supermarket</i> yang terhubung dengan proses “Pull” yang mengindikasikan penghapusan fisik.</p>
 <i>FIFO Lane</i> <i>Safety Stock</i>	<p>Persediaan dengan sistem “First In First Out”. Icon ini hanya digunakan ketika suatu proses terhubung dengan sistem FIFO yang memiliki cadangan persediaan maksimum.</p>
 <i>Safety Stock</i>	<p>Menggambarkan suatu persediaan yang aman untuk mencegah terjadinya permasalahan seperti <i>downtime</i> untuk melindungi suatu sistem yang sering terjadi jika adanya fluktuasi secara tiba tiba pada pesanan pelanggan.</p>
 <i>External Shipment</i>	<p>Penjualan dari <i>suppliers</i> atau ke <i>customers</i> dengan menggunakan transportasi external</p>
 <i>Production Control</i>	<p>Menggambarkan pemeriksaan pada setiap <i>department</i>, operator ataupun pada proses dalam produksi.</p>
 <i>Manual Info</i>	<p>Menggambarkan aliran informasi dari catatan, laporan atau bahkan dari setiap percakapan yang terjadi.</p>

 <p><i>Info Electronic</i></p>	Menggambarkan suatu <i>electronic</i> contohnya internet, <i>electronic data interchange</i> (EDI), <i>local area network</i> (LAN), <i>wide area network</i> (WAN).
 <p><i>Production Kanban</i></p>	Menggambarkan suatu instruksi produksi untuk memastikan berapa banyak produk yang akan dibuat
 <p><i>Withdrawal Kanban</i></p>	Menggambarkan sebagai suatu kartu untuk memberikan instruksi kepada orang yang memegang peranan pada material untuk melakukan transfer bagian ke stasiun pengiriman.
 <p><i>Signal Kanban</i></p>	Digunakan kapanpun ketika persediaan <i>on-hand</i> berada diantara 2 proses yang berada di persediaan yang paling sedikit.
 <p><i>Kanban Post</i></p>	Menggambarkan suatu titik dari sinyal kanban untuk diambil. Biasanya digunakan menggunakan <i>two-card system</i> .
 <p><i>Sequenced Pull</i></p>	Menggambarkan suatu instruksi untuk melakukan proses <i>subassembly</i> untuk memproduksi produk yang telah ditentukan sebelumnya dan jumlah produk, dimana hanya berjumlah satu unit tanpa menggunakan <i>supermarket</i> .
 <p><i>Load Levelling</i></p>	Sebuah tool untuk mengumpulkan Kanban dengan tujuan untuk meratakan volume produksi.
 <p><i>MRP / ERP</i></p>	Membuat penjadwalan dengan MRP / ERP.
 <p><i>Go See</i></p>	Mengumpulkan beberapa informasi secara visual

 <i>Verbal Information</i>	Membuat informasi dari data diri.
 <i>Kaizen Burst</i>	Kegiatan yang mengutamakan keperluan serta merencarakan “kaizen” dalam suatu proses yang sangat penting untuk memperoleh terbentuknya <i>Future State Mapping</i> dari <i>value stream</i> .
 Operator	Menggambarkan pekerja dari stasiun kerja.
 <i>Other</i>	Menggambarkan beberapa informasi penting.
 <i>Timeline</i>	Menggambarkan waktu dari <i>value added (Cycle Time)</i> dan <i>non value added (waiting) time</i> . Serta untuk menghitung nilai <i>lead time</i> dan total <i>Cycle Time</i> .

Sumber : Washington (2013)

Berikut contoh penggambaran *Current State Mapping* (Mohd & Mojib, 2015) :



Gambar 2.2 *Current Value Stream Mapping*

## 2.5 Konsep *Time Study*

Pada umumnya metode pengukuran dibagi menjadi: (Nurhasanah et al., 2014):

1. Pengukuran waktu kerja secara langsung yaitu dengan cara:
  - a. *Stopwatch Time Study*: pada suatu pekerjaan yang terjadi lebih dari satu kali menggunakan bantuan *stopwatch*.
  - b. *Work Sampling* : dilakukan secara acak pada waktu tertentu.
2. Pengukuran waktu kerja yang tidak langsung : melakukan pengukuran tidak dilokasi pekerjaan.

## 2.6 Konsep *Fishbone Diagram*

*Fishbone diagram* digunakan untuk mengetahui akar penyebab masalah dari berbagai macam *variabel* yang berpotensi menyebabkan terjadinya permasalahan. (Kusnadi, 2011)

Langkah – langkah membuat *fishbone* adalah :

1. Tuliskan permasalahan sebagai *effect* di kepala ikan atau paling ujung
2. Mengidentifikasi kategori sebagai *cause* dengan kategori sebagai berikut untuk di industry manufaktur 6M:
  1. *Machine*
  2. *Methode*
  3. *Material*
  4. *Man*
  5. *Measurement*
  6. *Milieu*
3. Menuliskan sebab-sebab potensial dengan cara *brainstorming* : memberikan pertanyaan seperti “Mengapa sebab itu muncul?” sehingga pada langkah ini akan dimasukkan menjadi “sub-sebab”

## 2.7 *Failure Mode and Effect Analysis*

Suatu metode yang sistematis digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah adanya permasalahan yang terdapat pada produk dan segera memproses permasalahan tersebut sebelum terjadi permasalahan. Metode *Failure Mode and*

*Effect Analysis (FMEA)* fokus mencegah *defect*, peningkatan *safety* di area kerja serta meningkatkan kepuasan pelanggan (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2009) serta diharapkan dapat memberikan usulan yang paling baik bagi perusahaan (Parsana & Patel, 2014). Menurut Ravi Sankar & Prabhu (2001) analisa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) melalui *severity rating* yaitu berdasarkan tingkat keseriusan permasalahan, *occurrence rating* yaitu peringkat yang dilakukan berdasarkan adanya kemungkinan kegagalan, *detection rating* yaitu memiliki tujuan dengan mengidentifikasi permasalahan yang paling potensial, jika permasalahan tersebut berada pada *rating* paling rendah maka produksi tersebut dapat dilanjutkan.

Menurut Parsana & Patel (2014) ada beberapa tahap untuk *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* antara lain :

1. *Item and Its Function*

Spesifikasi semua fungsi produk, menyediakan laporan dan melakukan *brainstorming*.

2. *Failure Mode*

Memikirkan *failure* sebelumnya, melakukan *brainstorming*, selanjutnya memberikan gambaran yang tidak dapat terlihat oleh pelanggan. Contohnya seperti : adanya retak, produk cacat, terjadi kebocoran, dsb.

3. *Potential Effects of Failure*

Pada tahap ini yaitu yang dirasakan oleh *customer*. Contohnya seperti kebisingan, operasi yang tidak menentu, adanya gangguan pada fungsi produk, dsb.

4. *Severity*

Pada bagian ini kita harus menentukan *failure mode*. Seperti contoh pada tabel berikut ini:

**Tabel 2.13 Tabel Severity**

Kode	Klasifikasi	Contoh
10	Bahaya Tanpa Peringatan	Rangking yang sangat tinggi - memperngaruhi operasi yang aman
9	Bahaya dengan Peringatan	Ketidaksesuaian pada peraturan
8	Sangat Tinggi	Produk menjadi tidak dapat dijalankan, dengan kehilangan fungsi produk tersebut - Pelanggan akan sangat tidak puas
7	Tinggi	Produk masih dapat dijalankan namun performansinya berkurang - Pelanggan Tidak Puas
6	Moderate	Produk masih bisa dijalankan tetapi akan kehilangan kenyamanan dari produk tersebut - Pelanggan tidak nyaman
5	Rendah	Produk masih dapat dijalankan tetapi kehilangan kenyamanan produk - Pelanggan Sedikit Tidak Puas
4	Sangat Rendah	Tidak adanya kenyamanan produk - Dirasakan oleh Banyak Pelanggan
3	Kecil	Tidak adanya kenyamanan produk - Dirasakan oleh Beberapa Pelanggan
2	Sangat Kecil	Tidak adanya kenyamanan produk - Dirasakan oleh Pelanggan yang Terpilih
1	Tidak Ada	Tidak terdapat pengaruh

Sumber: Parsana & Patel (2014)

##### 5. *Class*

Pengelompokkan setiap produk memerlukan penambahan waktu proses.

##### 6. *Potential Cause / Mechanism of Failure*

Peyebab dari suatu kegagalan. Contoh: penyebab dari *failure* yaitu design kurang baik, kesalahan bahan baku, dugaan masa pakai yang kurang tepat, kurangnya menjaga lingkungan, tekanan berlebih. Sedangkan untuk kegagalan mekanisme seperti kelelahan, mesin aus, korosi, dsb.

##### 7. *Occurrence*

*Occurrence* seberapa banyak kegagalan tersebut terjadi. Pada tahap ini sangat diperlukan untuk mengetahui penyebab dari permasalahan tersebut dan berapa banyak hal itu terjadi di perusahaan.

**Tabel 2.14 Occurrence rank**

Kode	Klasifikasi	Contoh
9,10	Paling Tinggi	Kegagalan yang tidak dapat dihindari
7,8	Tinggi	Kegagalan secara berulang
5,6	Moderate	Kegagalan yang jarang
2,3,4	Rendah	Terjadi kegagalan
1	Kecil	Tidak pernah terjadi kegagalan

Sumber: Parsana & Patel (2014)

#### 8. *Current Design Control*

Kegiatan yang merupakan tahap untuk melakukan pencegahan, validasi dan verifikasi *design* yang disertai dengan pemodelan matematika, uji kelayakan, dsb.

#### 9. *Detection*

Tahapan dari *design control* untuk mendeteksi penyebab permasalahan sebelum produk tersebut dibantu dengan pemodelan matematika, uji kelayakan dsb. Berikut merupakan *detection rank*

**Tabel 2.15 Detection Rank**

Detection	Rank	Criteria
Extremely Likely	1	Dapat diperbaiki atau pengendalian hampir dapat dideteksi
Very High Likelihood	2	Kemungkinan untuk mendeteksi sangat besar
High Likelihood	3	Dapat diperbaiki atau tingginya tingkat kemungkinan deteksi
Moderately High Likelihood	4	Design pengendalian efektif secara umum
Medium Likelihood	5	Design pengendalian memiliki kesempatan untuk diterapkan
Moderately Low Likelihood	6	Design pengendalian memungkinkan adanya kesalahan
Low Likelihood	7	Design pengendalian salah mendeteksi permasalahan
Very Low Likelihood	8	Design pengendalian memiliki kesempatan yang rendah untuk mendeteksi
Very Low Likelihood	9	Design pengendalian tidak reliabel atau kemungkinan untuk deteksi adalah rendah

Extremely Unlikely	10	Tidak ada design pengendalian atau tidak akan terdeteksi
--------------------	----	--

Sumber: Parsana & Patel (2014)

#### 10. *Risk Priority Numbers (RPN)*

*Risk Priority Numbers* adalah salah satu indicator yang digunakan sebagai *corrective* cara perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (5)$$

RPN yang bernilai rendah artinya lebih baik dan tidak memerlukan adanya usulan maupun perbaikan. Setelah mendapatkan RPN, selanjutnya menentukan untuk memfokuskan di area yang mana dan fokus pada solusi *failure modes*.

#### 11. *Recommended Actions*

Melakukan pengurutan dari RPN tertinggi hingga RPN terendah. Melakukan perbaikan terhadap RPN paling tinggi karena hal ini akan sangat mempengaruhi.

#### 12. *Responsibilities*

Tanggung jawab untuk melakukan atau memberikan usulan.

#### 13. *Action Taken*

Dilakukan setelah tindakan yang dilakukan berdasarkan usulan dan melihat hasilnya

### 2.8 **Kajian Induktif**

Ada beberapa peneliti terdahulu mengenai *lean manufacturing* diantaranya penelitian oleh Faly (2015) yang membahas tentang permasalahan yang terjadi di industri pengolahan bahan logam. Permasalahan di perusahaan masih sering terjadi walaupun telah menggunakan mesin produksi. Untuk mengurangi permasalahan yang ada di perusahaan tersebut menggunakan bantuan metode *value stream mapping*, diagram pareto, *root cause analysis*, *failure mode and effect analysis* serta *value engineering*. Dengan bantuan metode diagram pareto



untuk mengidentifikasi *waste* yang paling banyak terjadi di perusahaan adalah *waste defect*, *excess processing*, dan *inventory*. Dengan bantuan *failure mode and effect analysis* diketahui adanya operator yang kurang menguasai pemahaman mengenai tata tertib kerja, sehingga perlu diadakan publikasi mengenai tata tertib kerja.

Penelitian oleh Isnain (2016) yang membahas tentang permasalahan yang terjadi di PT. Inti Pantja Press Industri di bidang industri otomotif. Untuk mengidentifikasi permasalahan *waste* yang terjadi di perusahaan dengan menggunakan *Process Activity Mapping*. Kemudian dilanjutkan dengan metode *Borda Count Method* untuk mengetahui permasalahan *waste* yang kritis di lantai produksi yaitu *waste waiting*, *overproduction* dan *defects*. Dengan bantuan *Failure Mode and Effect Analysis* diketahui akar penyebab tertinggi yaitu pada *lifetime* komponen yang sudah habis tetapi tidak ada operator yang dapat mengganti komponen tersebut serta adanya produk *finisih* yang berkarat. Sehingga diberikan usulan perbaikan.

Penelitian oleh Mulyo (2011) yang membahas tentang beberapa permasalahan pemborosan yang terjadi di perusahaan yang memproduksi Panel Listrik. Permasalahan yang terjadi di perusahaan tersebut seperti barang-barang yang tidak tertata rapi, masih banyak bagian lantai produksi yang tidak bersih, peralatan tidak disimpan ditempatnya. Selanjutnya peneliti menerapkan konsep 5R untuk diperusahaan yaitu Ringkas, Rapi yaitu dengan memberikan kode untuk menata susunan yang lebih benar, Resik yaitu dengan membersihkan peralatan serta membuat jadwal kebersihan, Rawat yaitu dengan membuat SOP (*standart operation procedure*) untuk perusahaan. Rajin untuk membuat matriks keterampilan untuk perusahaan. Dari hasil perbaikan yang dilakukan oleh metode 5R ini didapatkan pengurangan waktu sebesar 39 menit pada proses *assembling*.

Penelitian oleh Abdulmalek & Rajgopal (2007) dilakukan di *process sector* ada beberapa permasalahan seperti kerusakan mesin, lamanya waktu setup, serta

memproduksi hanya dalam jumlah yang sedikit. Produk yang dihasilkan seperti lempengan baja cair dari hasil pelelehan baja diatas tungku.

Penelitian oleh Hodge, Goforth Ross, Joines, & Thoney (2011) pada *textile industry* dimana perusahaan ini telah menerapkan pengelolaan 5S diperusahaan dengan baik seperti pemberian label di setiap rak penyimpanan, perusahaan ini memperkerjakan 150 pekerja.

**Tabel 2.16 Kajian Induktif**

No	Penulis	Tahun	Objek	<i>Lean Manufacturing</i>	Review								
					VSM	VALSAT	WAM	FMEA	RC A	<i>Cost of Poor Quality</i>	Poka Yoke	Borda	5R/S
1	Arnando, Faly	2015	<i>Sheet metal job</i> dan fabrikasi	√	√			√	√	√			
2	Isnain, Satria Khalif	2017	Industri otomotif	√	√	√		√	√		√	√	
3	Mulyo, Wibisono Budhi	2011	Panel Listrik	√	√								√
4	Abdulmalek, Fawaz A.	2007	Process sector	√	√								
5	Hodge, George L.	2010	<i>Textile industry</i>	√	√								